

*В. Р. Мельников, Е. А. Куликова*

Уральский государственный университет путей сообщения,  
г. Екатеринбург, melnikoff98@gmail.com

## РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ НА ОСНОВЕ СВЕРХПРОВОДНИКОВ

*В работе показаны возможности применения сверхпроводников для решения проблемы ресурсосбережения, приведены примеры некоторых сверхпроводящих электротехнических устройств и описаны их преимущества по сравнению с традиционными аналогами.*

Ключевые слова: *ресурсосбережение; сверхпроводимость; сверхпроводники; сверхпроводящие электротехнические устройства.*

*V. R. Melnikov, E. A. Kulikova*

Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg

## RESOURCE SAVING BASED ON SUPERCONDUCTORS

*The paper shows the possibility of using superconductors to solve the problem of resource conservation, gives examples of some superconducting electrical devices and describes their advantages compared to traditional analogues.*

Keywords: *resource saving; superconductivity; superconductors; superconducting electrical devices*

Экономное и эффективное использование всех ресурсов и факторов производства составляет основу ресурсосбережения. Технические и технологические решения на базе явления сверхпроводимости способствуют ресурсосбережению.

Сверхпроводимостью называют свойство некоторых материалов обладать нулевым электрическим сопротивлением при температуре ниже определенного значения.

В сверхпроводящее состояние могут переходить несколько сотен соединений, чистых элементов, сплавов и керамик. В качестве охлаждающей среды для высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) чаще всего используется доступный и дешевый жидкий азот.

Разработки принципиально новых энергетических устройств и технологий их производства способствуют активному развитию сверхпроводящей электротехники во всем мире. В России многие экспериментальные разработки проходят апробацию в условиях реальных энергосистем [1].

Приведем примеры некоторых сверхпроводящих электротехнических устройств.

Основным элементом предохранителя от токов короткого замыкания из сверхпроводника является витая лента из нержавеющей стали шириной несколько миллиметров, на поверхности которой выращен микрометровый слой керамики на основе оксида иттрия бария меди (YBCO). Данная конструкция охлаждается жидким азотом или гелием до температуры ниже 90 К, после чего керамика переходит в сверхпроводящее состояние, и по ней пропускается штатная нагрузка. Но при превышении током порогового значения сверхпроводимость мгновенно разрушается, и проводником становится несущая стальная лента, обладающая значительным электрическим сопротивлением, что приводит к мгновенному падению силы тока в цепи. Сверхпроводящий слой уже через несколько секунд самовосстанавливается и возвращается к нормальной работе [2].

Быстрый переход сверхпроводниковых токоограничивающих устройств (ВТСП ТОУ) при неисправности системы из проводящего в резистивное состояние, подавляя токи короткого замыкания, обеспечивает защиту от перегрузок в энергосистеме, сохраняя уровень ее надежности и снижая стоимость реконструкции или нового строительства. Применение ВТСП ТОУ позволяет минимизировать ущерб электросетей от токов короткого замыкания; снизить требования к сетевому оборудованию, уменьшив стоимость; увеличить срок службы уже используемого оборудования; повысить

пожаробезопасность; обеспечить низкий уровень потерь в сети; повысить качество энергоснабжения.

Первые испытания ВТСВ ТОУ прошли на электроподстанции «Мневники», в рамках проекта, реализующего кольцевую схему электроснабжения системообразующих подстанций Москвы, что позволит обеспечить бесперебойное электроснабжение и сокращенные сроки технологического присоединения потребителей [3].

Схема ВТСВ ТОУ, используемого на электроподстанции «Мневники» показана на рисунке. Очевидна простота и надежность конструкции, а также компактность используемого оборудования.

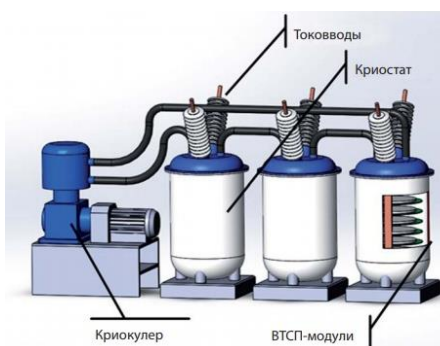


Схема сверхпроводникового токоограничивающего устройства

Разработанные в последнее время принципиально новые технологии производства высокотемпературных сверхпроводящих материалов второго поколения (ВТСП-2) стали основой для создания различных устройств.

Электротехнические устройства на основе ВТСП-ленты компактнее и эффективнее традиционных аналогов. Основное свойство всех сверхпроводящих устройств – отсутствие потерь электроэнергии в процессе работы. Например, у обычных ограничителей тока потери энергии в несколько раз больше, чем у опытного образца сверхпроводникового ограничителя тока, который можно использовать в устройствах тягового электроснабжения на железных дорогах [1].

Сверхпроводящие трансформаторы имеют меньшие вес и размер, высокий КПД, требуют меньше затрат на установку и служат дольше. Использование вместо масла в качестве охлаждающей среды

жидкого азота, который не загрязняет почву и не пожароопасен, улучшает экологическую ситуацию. Следовательно, использовать сверхпроводящие трансформаторы в системах электроснабжения крупных городов выгодно [1].

Отдельный класс сверхпроводящих устройств составляют генераторы и кинетические накопители энергии.

В богатых ресурсами северных районах России, не имеющих доступа к централизованной энергосистеме, особенно удобно использовать сверхпроводящие генераторы, у которых меньшие габариты и масса по сравнению с традиционными.

Кинетические сверхпроводниковые накопители энергии емкостью до 20 МДж продлевают в разы время питания оборудования в случае отключения электроэнергии. В отличие от аккумуляторов у них отсутствуют ограничения скорости выдачи запасаемой энергии и количества циклов выдачи. При этом они имеют неоспоримые экологические преимущества [1].

Сверхпроводниковые технологии формируют экономичную, надежную, экологичную электроэнергетику. Но для их широкого применения необходимо разработать соответствующую нормативную документацию, без которой, например, нельзя поставить сверхпроводящий ограничитель тока на действующую подстанцию железной дороги.

Таким образом, решению проблемы ресурсосбережения способствует все более широкое использование различных электротехнических устройств на основе сверхпроводников.

#### Список использованных источников

1. Проводник в будущее [Электронный ресурс]. URL: <http://www.strana-rosatom.ru/проводник-в-будущее/> (дата обращения: 10.11.2018).
2. Попов Л. Германская станция первой применила сверхпроводящий предохранитель [Электронный ресурс]. URL: <http://www.membrana.ru/particle/17416> (дата обращения: 10.11.2018).
3. Ограничитель токов короткого замыкания, ВТСПТОУ [Электронный ресурс]. URL: <http://втсптоу.рф> (дата обращения: 12.11.2018).